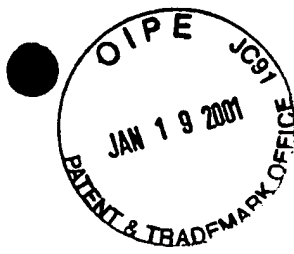


35.G2657



#5 / Priority 2872
S. Royall
2/14/01
PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

SHUICHI KOBAYASHI

Application No.: 09/685,042

Filed: October 10, 2000

For: DIFFRACTION OPTICAL DEVICE AND
OPTICAL SYSTEM INCLUDING THE SAME :

)
: Examiner: Not Assigned

)
: Group Art Unit: Not Assigned

)
: January 19, 2001

Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

CLAIM TO PRIORITY

RECEIVED
JAN 22 2001
TC 2800 MAIL ROOM

Sir:

Applicant hereby claims priority under the International Convention and all rights to which he is entitled under 35 U.S.C. § 119 based upon the following Japanese Priority Application:

JAPAN

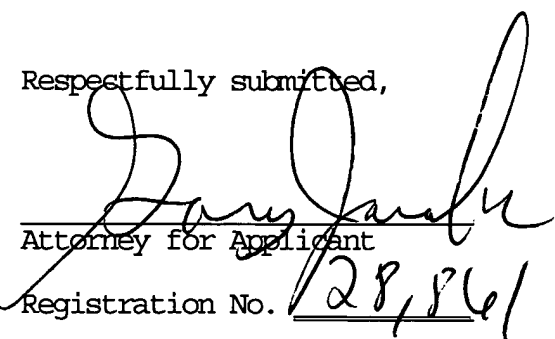
11-290057

October 12, 1999.

A certified copy of the priority document is enclosed.

Applicant's undersigned attorney may be reached in our
Washington, D.C. office by telephone at (202) 530-1010. All correspondence should
continue to be directed to our address given below.

Respectfully submitted,


Attorney for Applicant

Registration No. 28,861

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO
30 Rockefeller Plaza
New York, New York 10112-3801
Facsimile: (212) 218-2200

GMJ/cmv

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

09/085,042 C/T/G2657
Shuichi Kobayashi
10/10/2000

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

1999年10月12日

出 願 番 号
Application Number:

平成11年特許願第290057号

出 願 人
Applicant(s):

キヤノン株式会社



TOC2300 MAIL ROOM

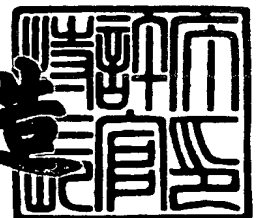
JAN 22 2001

RECEIVED

2000年11月 6日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3091005

【書類名】 特許願

【整理番号】 4042022

【提出日】 平成11年10月12日

【あて先】 特許庁長官 近藤 隆彦 殿

【国際特許分類】 G02B 27/42
G02B 13/04

【発明の名称】 回折光学素子及び該回折光学素子を有する光学系

【請求項の数】 10

【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
キヤノン株式会社内

【氏名】 小林 秀一

【特許出願人】
【識別番号】 000001007

【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代表者】 御手洗 富士夫

【代理人】
【識別番号】 100105289

【弁理士】
【氏名又は名称】 長尾 達也

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 038379

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9703875

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 回折光学素子及び該回折光学素子を有する光学系

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 の回折光学素子と第 2 の回折光学素子とを近接して配置した回折光学素子であって、

前記第 1 の回折光学素子と第 2 の回折光学素子が互いに逆のパワーを有し、前記第 1 の回折光学素子が、ある光線の前記第 2 の回折光学素子への入射角を減ずる配置としたことを特徴とする回折光学素子。

【請求項 2】 前記第 1 の回折光学素子と前記第 2 の回折光学素子とを近接して配置した回折光学素子であって、前記第 1 の回折光学素子と前記第 2 の回折光学素子は互いにブレード形状が逆向きであり、前記第 1 の回折光学素子がある光線の前記第 2 の回折光学素子の入射角を減ずる配置としたことを特徴とする回折光学素子。

【請求項 3】 前記第 1 の回折光学素子と第 2 の回折光学素子が、互いに分散の異なる材料で構成されていることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の回折光学素子。

【請求項 4】 前記第 1 の回折光学素子と前記第 2 の回折光学素子の間に、空気層を有することを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の回折光学素子。

【請求項 5】 前記光線が、前記回折光学素子を光学系に配置した際の該光学系を伝播する光束の主光線であることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の回折光学素子。

【請求項 6】 前記回折光学素子は、前記光学系での使用波長領域全体において設計次数である回折光の回折効率が高くなるように構成されていることを特徴とする請求項 5 に記載の回折光学素子。

【請求項 7】 回折光学素子を有する光学系において、前記回折光学素子を請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の回折光学素子で構成したことを特徴とする光学系。

【請求項 8】 前記光学系の使用波長域が、可視光領域であることを特徴とす

る請求項 7 に記載の光学系。

【請求項 9】前記光学系が絞りを有し、前記第 1 の回折光学素子を正のパワーとし、前記第 2 の回折光学素子を負のパワーとして、前記絞りより像側に配置したことを特徴とする請求項 7 または請求項 8 に記載の光学系。

【請求項 10】前記光学系が絞りを有し、前記第 1 の回折光学素子を負のパワーとし、前記第 2 の回折光学素子を正のパワーとして、前記絞りより物体側に配置したことを特徴とする請求項 7 または請求項 8 に記載の光学系。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、回折光学素子及び該回折光学素子を有する光学系に関し、特に、角度依存性による回折効率の低減を緩和することができ、不要回折次数光によるフレア光の発生を低減することが可能な回折光学素子及び該回折光学素子を有する光学系の実現を目指すものである。

【0002】

【従来の技術】

従来の硝材の組み合わせにより色収差を減じる方法に対して、レンズ面やあるいは光学系の 1 部に回折作用を有する回折光学素子を設けることで、色収差を減じる方法が、SPIE Vol. 1354 International Lens Design Conference (1990) の文献、あるいは特開平 4 - 2 1 3 4 2 1 号公報、特開平 6 - 3 2 4 2 6 2 号公報、米国特許第 5, 0 4 4, 7 0 6 号明細書等により開示されている。これは光学系中の屈折面と回折面とでは、ある基準波長の光線に対する色収差の出方が逆方向に発現するという物理現象を利用したものである。

さらに、このような回折光学素子は、周期を変化させることで部分的なパワーを変化させ非球面レンズ的な効果をも持たせることができ、光学系の収差の低減にも大きな効果がある。

【0003】

ここで、屈折光学系においては、1 本の光線は屈折後も 1 本の光線であるのに

対し、回折においては、各回折次数に光が分割されてしまう。そこで、レンズ系として回折光学素子を用いる場合には、使用波長領域の光束が1つの特定次数（以後設計次数とも言う）に集中するように格子構造を決定する必要がある。

設計次数に光が集中している場合では、それ以外の回折光の光線の強度は低いものとなり、強度が0の場合にはその回折光は存在しないものとなる。

設計次数以外の回折次数をもった光線が存在する場合は、設計次数の光線とは異なる位置に結像するため、設計した像面に対してはボケを有するフレア光となる。従って回折効果を利用した光学系においては、設計次数での回折効率の分光分布及び設計次数以外の光線の振る舞いについても十分考慮する事が重要である。そのため、前記特長を回折光学素子の色収差の補正効果などの効果を有効に利用するためには、使用波長域全域において設計次数の光線の回折効率が十分高いことが必要になる。

【0004】

図7（A）に示すような回折光学素子がある面に形成した場合の回折効率の特性を図7（B）に示す。

以下、回折効率の値は全透過光束に対する各回折光の光量の割合であり、格子境界面での反射光などは説明が複雑になるので考慮していない値とする。この図7（2）で、横軸は波長をあらわし、縦軸は回折効率を表している。

この回折光学素子は、ピッチ（周期） $200\mu\text{m}$ で、光学特性（ $n_d = 1.513$ 、 $v_d = 50.08$ ）の材料で、高さ $1\mu\text{m}$ であり、図7（A）に示したような構造の回折光学素子である。今、入射角0度の場合の回折効率を示している。

この回折光学素子は、1次の回折次数（図7（B）中実線）において、使用波長領域でもっとも回折効率が高くなるように設計されている。即ち設計次数は1次となる。さらに、設計次数近傍の回折次数（1次±1次、つまり0次と2次）の回折効率も併せ並記しておく。

図7（B）に示されるように、設計次数では回折効率はある波長で最も高くなり、それ以外の波長では序々に低くなる。この設計次数1次での回折効率の低下分は、他の次数（0次、2次など）の回折光となり、不要なフレア光の原因となる。

また、回折光学素子を複数個使用した場合には特に、設計波長以外の波長での回折効率の低下は透過率の低下にもつながる。

【0005】

この回折効率の低下を減少できる構成が、特開平9-127322号公報に開示されている。これは3種類の異なる材料と、2種類の異なる格子厚を最適に選び、等しいピッチ分布で複数の回折格子を近接して配置することで可視域全域で高い回折効率を実現している。

また回折効率の低下を減少できる別の構成として、特開平10-133149号公報に開示されているようなものがある。この提案で提示された構成では、2層に回折格子を重ね合わされた積層断面形状をもつ。そして、2層を構成する材質の屈折率、分散特性および各格子厚を最適化することにより、高い回折効率を実現している。

【0006】

これらの技術においては、回折光学素子を分散の異なる2種類の材料により構成することで、回折光学素子を透過する時に生じる位相のずれを減じ、回折光学素子の波長依存性を大きく緩和するものである。

以上の回折光学素子を屈折光学系中に配置し、ハイブリッド化して使用することで、回折光学素子の分散の方向が逆であるという現象により色収差の大幅な低減を行なうことや、非球面的効果を利用することで、その他の諸収差を補正することが可能となる。

これは、屈折光学系と回折光学系をハイブリッド化することで初めて得られる利点である。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来例の回折光学素子の場合、回折格子の深さが深いため、回折効率の、回折光学素子への光の入射角の依存性が大きくなり、回折光学素子の配置によっては、大きく回折効率が低下してしまうといった問題を生じてしまう。

また、特開平9-127322号公報、特開平10-133149号公報に於い

ては、複数の回折格子を近接して配置した構成であるが、少なくとも1つの回折格子部は2つの異なる材料で形成されていることから、製造する点から考えると、2つの材料は、所望の光学特性を満足するほかに、密着性の良い材料、熱膨張率の近い材料、加工性に優れたものである必要があり、このような全ての条件を満足する光学材料を探すのは容易なことではない。

このようなことから、例えば特開平 1 1 - 2 2 3 7 1 7 号公報が示すように、2つの異なる材料の間に空気層を設けることも考えられるが、こうした空気層を2つの回折光学素子の間に設けた場合、材料選択の自由が大きくなるものの、回折光学素子部の深さがさらに深いものとなるために、前述の回折効率の光入射角性の問題は残る。

【0008】

そこで、本発明は、回折効率の入射角度依存性に起因する回折効率の低減を緩和することができる回折光学素子及び該回折光学素子を有する光学系を提供することを目的とするものである。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記課題を達成するため、つぎの(1)～(10)のように構成した回折光学素子及び該回折光学素子を有する光学系を提供する。

(1) 第1の回折光学素子と第2の回折光学素子とを近接して配置した回折光学素子であって、

前記第1の回折光学素子と第2の回折光学素子が互いに逆のパワーを有し、前記第1の回折光学素子が、ある光線の前記第2の回折光学素子への入射角を減ずる配置としたことを特徴とする回折光学素子。

(2) 前記第1の回折光学素子と前記第2の回折光学素子とを近接して配置した回折光学素子であって、前記第1の回折光学素子と前記第2の回折光学素子は互いにブレード形状が逆向きであり、前記第1の回折光学素子がある光線の前記第2の回折光学素子の入射角を減ずる配置としたことを特徴とする回折光学素子。

(3) 前記第1の回折光学素子と第2の回折光学素子が、互いに分散の異なる材

料で構成されていることを特徴とする上記（１）または（２）に記載の回折光学素子。

（４）前記第１の回折光学素子と前記第２の回折光学素子の間に、空気層を有することを特徴とする上記（１）～（３）のいずれかに記載の回折光学素子。

（５）前記光線が、前記回折光学素子を光学系に配置した際の該光学系を伝播する光束の主光線であることを特徴とする上記（１）～（４）のいずれかに記載の回折光学素子。

（６）前記回折光学素子は、前記光学系での使用波長領域全体において設計次数である回折光の回折効率が高くなるように構成されていることを特徴とする上記（５）に記載の回折光学素子。

（７）回折光学素子を有する光学系において、前記回折光学素子を上記（１）～（６）のいずれかに記載の回折光学素子で構成したことを特徴とする光学系。

（８）前記光学系の使用波長域が、可視光領域であることを特徴とする上記（７）に記載の光学系。

（９）前記光学系が絞りを有し、前記第１の回折光学素子を正のパワーとし、前記第２の回折光学素子を負のパワーとして、前記絞りより像側に配置したことを特徴とする上記（７）または（８）に記載の光学系。

（１０）前記光学系が絞りを有し、前記第１の回折光学素子を負のパワーとし、前記第２の回折光学素子を正のパワーとして、前記絞りより物体側に配置したことを特徴とする上記（７）または（８）に記載の光学系。

【００１０】

【発明の実施の形態】

上記構成を有する回折光学素子において、回折光学素子のパワー配置を上記（１）のように配置し、例えば、光学系に上記（８）または（９）のように構成して配置することにより、回折光学素子の回折効率の入射光線の入射角度依存性による低下を緩和することが可能となり、これを屈折光学系中に配置することにより、広い波長域で高い回折効率を有し、不要次数光によるフレア光の発生を抑えることができる光学系を実現することが可能となる。

【００１１】

【実施例】

以下に、本発明の実施例について説明する。

【実施例 1】

図 1 (A) は、本発明の実施例 1 における光学系の断面図を示したものである。

本実施例では写真レンズ用のエクステンダーに回折光学素子を用いた場合を示している。

図中 101 は光学系全体、102 はマスタレンズ、103 はエクステンダー、105 は像面、104 は光軸、107 は絞りであり、エクステンダー 103 中に回折光学素子 106 が設けられている。

図 1 (B) は、本実施例の回折光学素子の構成の概要を示したものであり、図に示したように正のパワー（パワー $\phi = 1/f$; f は焦点距離）を有する第 1 の回折光学素子 106 a と負のパワーを有する第 2 の回折光学素子 106 b が空気層を介して隣接して配置され、物体側に正の回折光学素子 106 a を配置した構成となっている。

なお本図では、2つの回折格子（キノフォーム）のブレード形状が互いに逆向きであることをわかりやすくするため回折光学素子の各回折格子を大きく示している。

また、光学系と同様、回折光学素子は光軸に対して回転対称の構造を有している。図示したように、回折光学素子 106 はそれぞれ平面の基板上に形成されており、レンズ 110 と接合されている。本実施例の光学系では、回折光学素子 106 に入射する光線の入射角は、像高が高くなるほど高くなる。

【0012】

図 2 は、回折光学素子の回折効率を示している。図中、入射角が 0、6、-6 度の場合を示している。この回折効率は、透過光で正規化した回折効率を示している。図に示したように、入射角がプラスの場合とマイナスの場合では、回折効率が非対称であることがわかる。本実施例のような屈折光学系中にこの構成の回折光学素子を配置する場合、軸外光線の回折光学素子への入射角を考え、図 1 (2) のように正のパワーを有する回折光学素子を物体側に配置する構成をとるこ

とが必要になる。

本図では、入射角として、0、-6、6度の場合を示したが、それ以下の入射角では、この非対称が小さいものの、角度がおおきくなるにつれて徐々に現れてくる。入射角がプラスの場合は、入射側の回折光学素子により、第2の回折光学素子への入射角が低減されるため、マイナス側に比べて、非対称が現れにくいことになる。

本実施例の構成は、図3に示したように、物体108、絞り107、回折光学素子106、像面105が配置される構成になっている。軸外の主光線は回折光学素子に対して、図のような角度で入射する。回折光学素子106中の回折光学素子の配置では、図3における符号(a)に示した正の回折光学素子を物体側に配置する構成と、符号(b)の様な負のパワーの回折光学素子を物体側に配置する構成が考えられる。図2に示したように、回折効率、入射角がプラスの場合とマイナスの場合の間の非対称であるため、より回折効率が高くなるように正の回折光学素子をより物体側に配置する(a)の配置にしなければならない。したがって、図1(B)に示したように正のパワーを有する回折光学素子をより物体側に配置することになる。

【0013】

本実施例においては、正のパワーを有する回折光学素子、負のパワーを有する回折光学素子をそれぞれ光学材料1 ($n_d = 1.635$, $v_d = 23$) と光学材料2 ($n_d = 1.5250$, $v_d = 47.8$) で構成し、それぞれ格子高さ $d_1 = 6.9 \text{ E} - 3 \text{ (mm)}$ 、 $d_2 = 9.5 \text{ E} - 3 \text{ (mm)}$ という構成の正と負の回折光学素子を空気層を介して近接配置した回折光学素子である。本実施例においては、前述したような回折光学素子を例としたが、光学材料やその回折格子の高さについては、これに限定するものではない。また、本実施例では、写真レンズとそのエクステンダーについての例を示したが、これに限定するものでなく、他のレンズ系についても同様の効果が得られる。

【0014】

〔実施例2〕

図4(A)は、本発明の実施例2における光学系の断面図を示したものである

。図中 201 は光学系であり、回折光学素子 202、光軸 203、像面 204、絞り 205 が設けられている。本実施例では、写真レンズ用の望遠レンズとして、回折光学素子を適用した場合を示している。

図 4 (B) は、本実施例の回折光学素子の構成の概要を示したものである。図に示したように、2つの基盤の間に、負のパワーを有する第 1 回折光学素子 202 a と正のパワーを有する第 2 回折光学素子 202 b が空気層を介して近接配置された構成をしている。

図に示したように負のパワーを有する回折光学素子が、物体側に位置している。なお本図では、第 1、第 2 の回折光学素子の回折格子（キノフォーム）のブレード形状が互いに逆向きである点をわかりやすくするため、回折光学素子の第 1、第 2 回折光学素子を大きく示している。

本実施例においても、実施例 1 と同様の構成の回折光学素子を構成しているため、図 2 に示したような回折効率の入射角プラスの場合とマイナスの場合の間で非対称性を有している。

【0015】

本実施例の構成は、図 5 に示したように、物体 208、回折光学素子 202、絞り 205、像面 204 が配置される構成になっており、軸外光線の主光線は回折光学素子に対して、図のような角度で入射する。

図 5 における符号 (a) に示したように、より物体側に正のパワーを有する回折光学素子を配置する配置と、(b) のように、負の回折光学素子をより物体側に配置する方法が考えられる。

図 2 に示した様な、入射角のプラスの場合とマイナスの場合での回折効率の非対称性より負の回折光学素子をより物体側に配置する (b) の配置の方が、回折効率の低下を防ぐことができる。

したがって、図に示したような回折光学素子の順番とすることで、回折効率の低下を緩和することができる。

図 6 (A) は、実施例 2 の別様態を示したものである。301 は光軸で、303 は絞り、304 は像面、305 は回折光学素子である。図 6 (A) の 305 の回折光学素子は、図 6 (B) に示したような、構成をしており 306 のレンズ素子

のうえに負のパワーを有する回折光学素子 305 a と正のパワーを有する回折光学素子 305 b を近接配置した構成を有している。

このように負のパワーを有する回折光学素子 305 a をより物体側に配置するのは、実施例 2 と同様の理由からである。本実施例では、写真レンズを実施例として取り上げたが、これに限定するものではない。また、本発明は所謂パワーの無い回折光学素子にも適用し得る。

【0016】

【発明の効果】

以上に説明したように、本発明によれば、回折効率の光線の入射角度依存性による回折効率の低減を緩和することができ、高い回折効率を有する回折光学素子及び該回折光学素子を有する光学系を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

(A) は本発明の実施例 1 における光学系の断面、(B) は回折光学素子の構成の概要を示す図。

【図 2】

本発明の実施例 1 における回折光学素子の回折効率を示す図。

【図 3】

本発明の実施例 1 における瞳の位置と回折格子への入射角を示す図。

【図 4】

(A) は本発明の実施例 2 における光学系の断面、(B) は回折光学素子の構成の概要を示す図。

【図 5】

本発明の実施例 1 における瞳の位置と回折格子への入射角を示す図。

【図 6】

(A) は本発明の実施例 2 における別の態様における光学系の断面、(B) は回折光学素子の構成の概要を示す図。

【図 7】

(A) は従来例における単層の回折格子の構造を示す図、(B) は前記単層の

回析格子の回折効率の波長依存性を示す図。

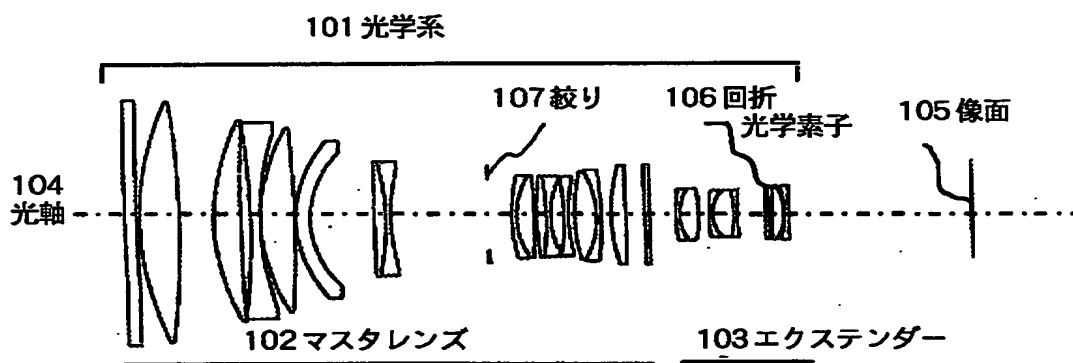
【符号の説明】

- 101 : 光学系
- 102 : マスタレンズ
- 103 : エクステンダー
- 104 : 光軸
- 105 : 像面
- 106 : 回折光学素子
- 107 : 絞り
- 108 : 物点
- 110 : レンズ
- 201 : 光学系
- 202 : 回折光学素子
- 203 : 光軸
- 204 : 像面
- 205 : 絞り
- 208 : 物点
- 210 : 光学素子
- 301 : 光軸
- 302 : 光学系
- 303 : 絞り
- 304 : 像面
- 305 : 回折光学素子
- 306 : レンズ

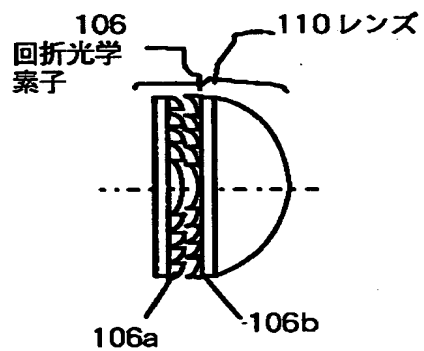
【書類名】 図面

【図 1】

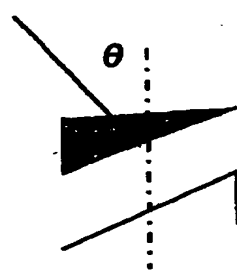
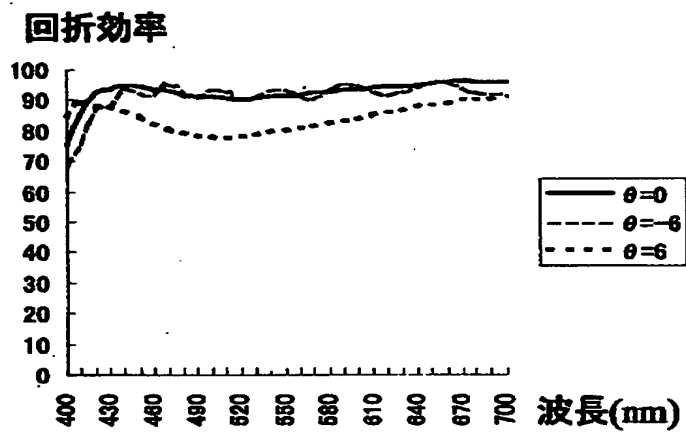
(A)



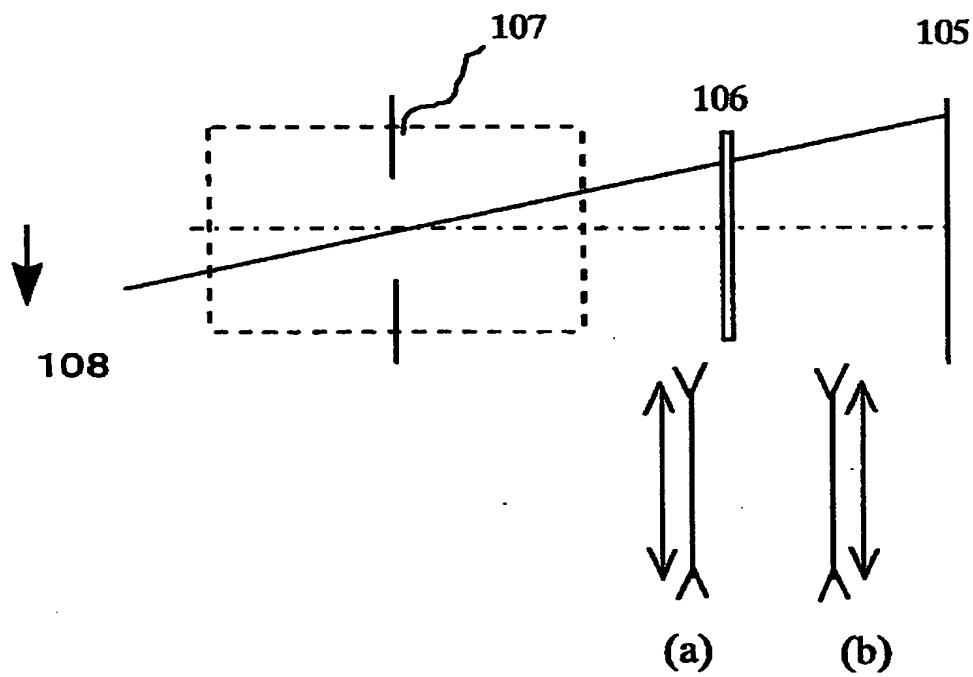
(B)



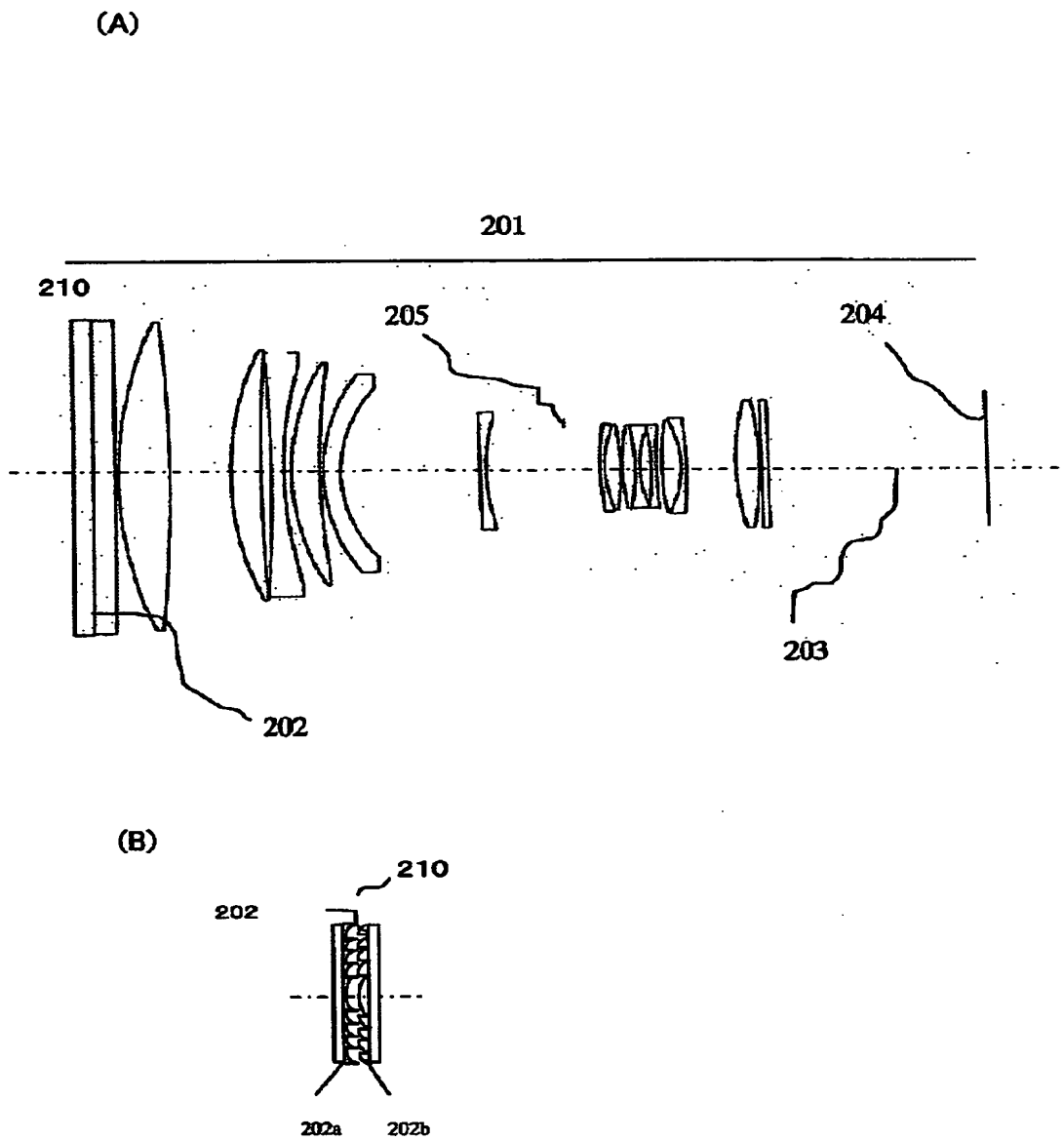
【図 2】



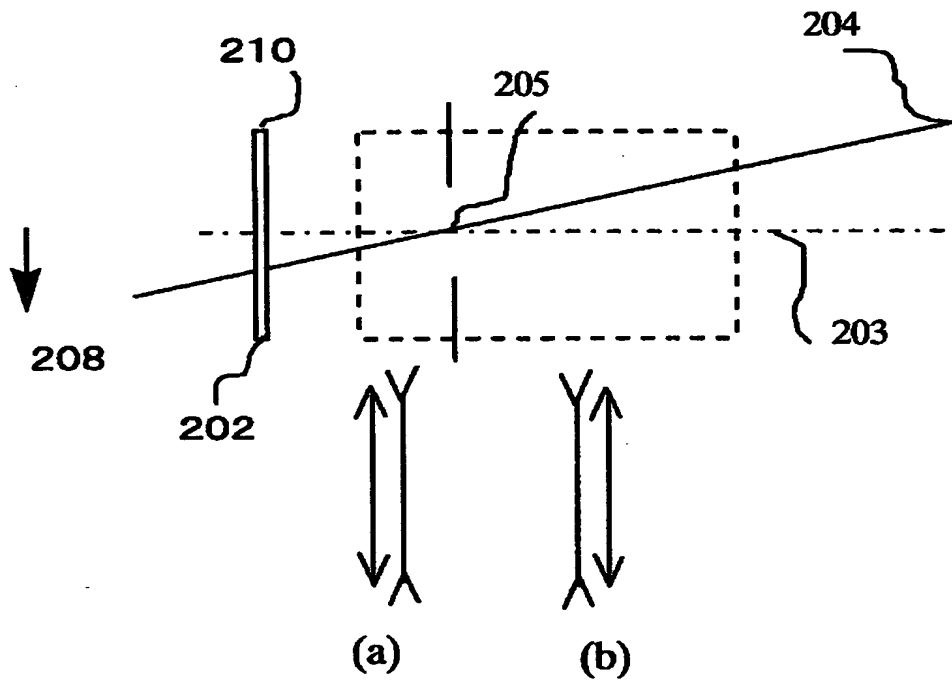
【図 3】



【図 4】

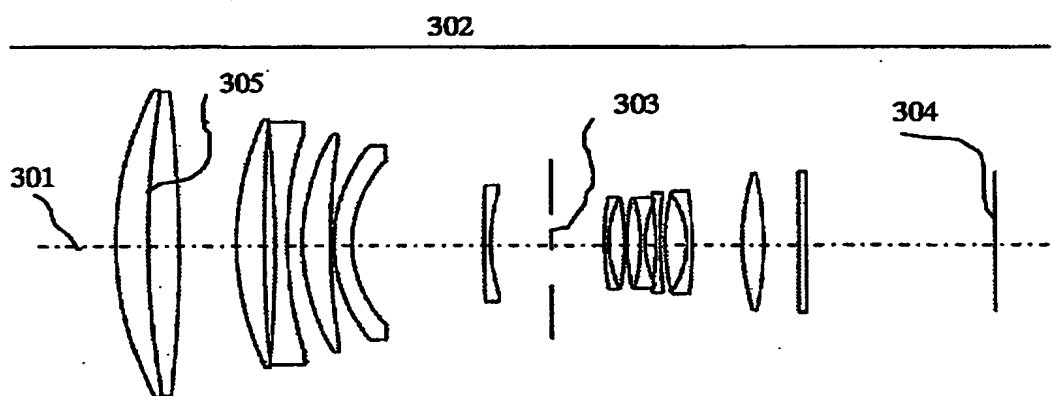


【図 5】

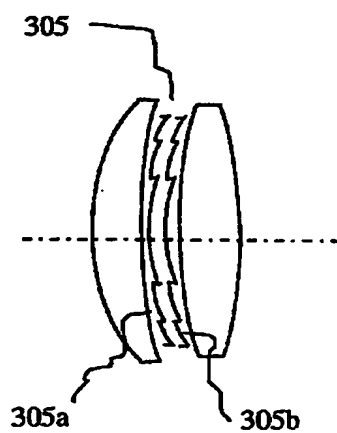


【図 6】

(A)

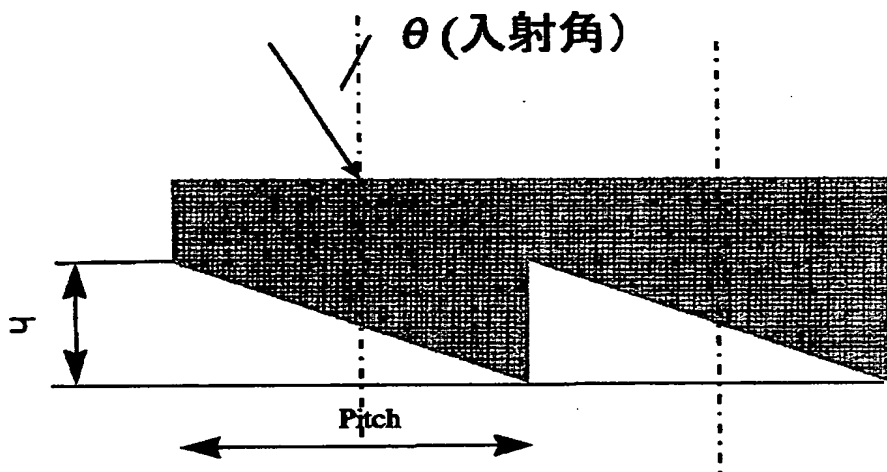


(B)



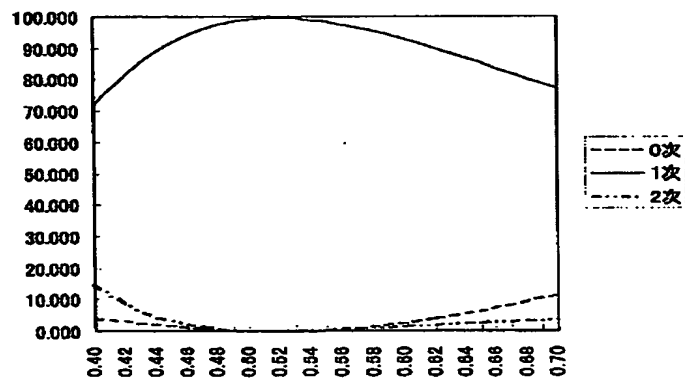
【図 7】

(A)



($nd = 1.513$, $\nu d = 50.08$)

(B)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 角度依存性による回折効率の低減を緩和することができ、不要次数光によるフレア光の発生を押さえることが可能であり、広い波長域で高い回折効率を有する回折光学素子及び該回折光学素子を有する光学系を提供する。

【解決手段】 第 1 の回折光学素子と第 2 の回折光学素子とを近接配置して構成した回折光学素子であって、前記第 1 の回折光学素子と第 2 の回折光学素子がそれぞれ逆のパワーを有し、前記第 1 の回折光学素子によって、ある規定の光線に対する前記第 2 の回折光学素子への入射角を減ずるパワー配置とする。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日 1990年 8月30日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
氏 名 キヤノン株式会社